



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 02 243 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 101 02 243.3  
㉑ Anmeldetag: 19. 1. 2001  
㉒ Offenlegungstag: 17. 10. 2002

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 60 L 11/18**  
B 60 L 1/00  
H 02 M 3/00  
B 60 R 16/02  
H 01 M 8/00

**DE 101 02 243 A 1**

㉓ **Anmelder:**  
XCELLSIS GmbH, 70567 Stuttgart, DE

㉔ **Erfinder:**  
Aberle, Markus, Dipl.-Ing., 73265 Dettingen, DE;  
Böhmisch, Mathias, Dr., 78224 Singen, DE; Zinser,  
Wolfgang, Dipl.-Ing., 73230 Kirchheim, DE

㉕ **Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:**

DE 198 10 467 C1  
DE 198 55 076 A1  
DE 198 10 468 A1  
US 59 98 885

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

㉖ **Vorrichtung zur Erzeugung und Verteilung von elektrischer Energie an Verbraucher in einem Fahrzeug**

㉗ Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung und Verteilung von elektrischer Energie in einem Fahrzeug, das wenigstens einen elektrischen Antriebsmotor aufweist, der über einen Umrichter mit einer Brennstoffzelleneinheit verbunden ist, wobei die Brennstoffzelleneinheit mit zumindest einem ersten, einem zweiten und einem dritten Spannungsnetz verbunden ist, und wobei jedem Spannungsnetz zumindest ein elektrischer Verbraucher und/oder zumindest ein Energiespeicher zugeordnet ist, wobei das erste Spannungsnetz durch das Brennstoffzellenspannungsnetz gebildet ist und über einen ersten bidirektionalen Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler mit dem zweiten Spannungsnetz verbunden ist, und wobei der erste bidirektionale Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler das erste Spannungsnetz von dem zweiten Spannungsnetz galvanisch trennt, und das zweite Spannungsnetz über einen zweiten bidirektionalen Wandler mit dem dritten Spannungsnetz verbunden ist.

**DE 101 02 243 A 1**

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung und Verteilung von elektrischer Energie in einem Fahrzeug gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

[0002] Aus der nicht vorveröffentlichten Anmeldung mit dem Aktenzeichen DE 199 54 306.2 ist eine Vorrichtung zur elektrischen Energieerzeugung mit einem Brennstoffzellensystem in einem Fahrzeug bekannt. Das Brennstoffzellenspannungsnetz ist ein Hochvolt-Netz und bei dieser Anordnung über einen Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler mit einem zweiten Hochvolt-Netz verbunden, das einen Energiespeicher enthält. Der Energiespeicher ist über Schutzschalter an den Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler und an Masse angeschlossen. Es kann wenigstens ein Niedervolt-Netz, das einen Energiespeicher enthält, über einen weiteren Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler mit dem Brennstoffzellenspannungsnetz verbunden werden.

[0003] Besonders in Fahrzeugen stellt der Energiespeicher im zweiten Hochvolt-Netz erhöhte Anforderungen an Isolation und Energiespeichermanagement, um z. B. Personen, Energiespeicher und Niedervolt-Elektronik zu schützen. Zusätzliche Bauteile wie Batterieschutzschalter sind erforderlich. In einem Fahrzeug stellen Hochvolt-Energiespeicher einen Spezialfall dar, welcher mit erhöhten Kosten, Raumbedarf und Gewicht verbunden ist.

[0004] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung die eingangs beschriebene Vorrichtung derart weiterzubilden, daß bei vereinfachter Vorrichtung die Sicherheit von Menschen und Teilen des Fahrzeugs gewährleistet ist.

[0005] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0006] Der Vorteil der Erfindung ist, daß auf zusätzliche Schutzschalter, über die der Hochvolt-Energiespeicher an den Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler und an Masse angeschlossen ist, verzichtet werden kann. Dies führt zu einem vereinfachten und kompakten Schaltungsaufbau, da weniger Komponenten verwendet werden. Gewicht und Platzbedarf der Anordnung werden verringert.

[0007] Vorteilhaft ist weiterhin, daß kostengünstige Niedervolt-Energiespeicher verwendet werden können.

[0008] Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0009] Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den weiteren Ansprüchen und der Beschreibung hervor.

[0010] Die Erfindung ist nachstehend anhand einer Zeichnung näher beschrieben, wobei die Figuren zeigen:

[0011] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines bevorzugten Energieerzeugungs- und Verteilungssystems mit getrennt dargestelltem ersten und zweiten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler,

[0012] Fig. 2 eine schematische Darstellung eines bevorzugten Energieerzeugungs- und Verteilungssystems mit integriert dargestelltem ersten und zweiten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler und

[0013] Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel eines bevorzugten Energieverteilungssystems mit dargestelltem ersten und zweiten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler.

[0014] In Fig. 1 ist eine schematische Darstellung eines bevorzugten Energieerzeugungs- und Verteilungssystems dargestellt. Die Brennstoffzelleneinheit 1, die aus einer elektrischen Verschaltung einzelner Brennstoffzellen besteht, die vorzugsweise als PEM-Zellen ausgebildet sein können,

speist über ein vorzugsweise zweipoliges Leitungsnetz 2 elektrische Verbraucher. Leitungsnetz 2 wird als erstes Spannungsnetz 2 bezeichnet. Die Brennstoffzelleneinheit 1 ist zweckmäßigerweise über Brennstoffzellenschutzschalter 3, die als ein zweipoliger Schutzschalter oder zwei einpolige Schutzschalter ausgeführt sein können, mit dem ersten Spannungsnetz 2 verbunden. Das erste Spannungsnetz 2 entspricht dem Brennstoffzellenspannungsnetz und kann, z. B. für Traktionszwecke, ein Spannungsniveau von beispielsweise einigen hundert Volt aufweisen.

[0015] An das erste Spannungsnetz 2 ist über einen Stromrichter 4 ein elektrischer Verbraucher, vorzugsweise ein elektrischer Antriebsmotor 5, angeschlossen, der z. B. die Räder des Fahrzeugs antreibt. Mit dem ersten Spannungsnetz 2 können weitere elektrische Verbraucher, z. B. die in Fig. 1 als Einheit 6 zusammengefaßten Hilfsantriebe und Hilfsaggregate, verbunden sein. Solche Verbraucher können z. B. ein Luftkompressormotor eines nicht dargestellten Brennstoffzellensystems und/oder ein Pumpenmotor zur Versorgung des Brennstoffzellensystems mit Medien, wie etwa Brennmittel und/oder Wasser, sein.

[0016] Weiterhin ist das zweipolige erste Spannungsnetz 2 mit den Anschlüssen 7.1/7.2 einer bidirektionalen Gleichspannungs-Gleichspannungs-Schnittstelle 7, z. B. eines bidirektionalen Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandlers, verbunden, dessen Anschlüsse 7.3/7.4 mit einem zweipoligen zweiten Spannungsnetz 8 verbunden sind. Der Anschluß 7.4 liegt zweckmäßigerweise auf Masse. Die Nennspannung des zweiten Spannungsnetzes 8 liegt unterhalb der Nennspannung des ersten Spannungsnetzes 2 und ist vorzugsweise kleiner oder gleich der Schutzkleinspannung nach DIN VDE 0100. Nach DIN VDE 0100 muß bei Überschreiten von 60 V Gleichspannung der Schutz gegen direktes Berühren sichergestellt sein. Die Schutzkleinspannung liegt nach DIN VDE 0100 unter 60 V Gleichspannung. Unter dem Begriff Nennspannung ist die Spannung gemeint, bei der ein Gerät, eine Komponente oder ein Spannungsnetz normgerecht betrieben wird. Bevorzugt ist das zweite Spannungsnetz 8 ein 42 V-Bordnetz. Der Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 7 trennt das erste Spannungsnetz 2 und das zweite Spannungsnetz 8 galvanisch. Der Vorteil ist, daß das Hochvolt-Netz, das durch das erste Spannungsnetz 2 gebildet wird, elektrisch sicher vom Niedervolt-Netz, das durch das zweite Spannungsnetz 8 gebildet wird, getrennt ist.

[0017] Mit dem zweiten Spannungsnetz 8 ist ein erster Energiespeicher 9 verbunden. Bei einer bevorzugten Nennspannung des zweiten Spannungsnetzes 8 von 42 V wird zweckmäßigerweise ein erster Energiespeicher 9, z. B. eine Batterie, insbesondere eine Blei-Säure-Batterie, und/oder ein sogenannter Superkondensator, mit einer Nennspannung von 36 V und einer Leistungsfähigkeit von etwa 1 kW und mehr verwendet. Die Superkondensatoren werden im folgenden auch als SuperCaps bezeichnet. Das zweite Spannungsnetz 8 kann eine Reihe von weiteren elektrischen Verbrauchern versorgen, z. B. weitere Hilfsantriebe, Lüfter, Servolenkung.

[0018] Das zweite Spannungsnetz 8 ist mit den Anschlüssen 10.1/10.3 eines zweiten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandlers 10 verbunden. Der zweite Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 10 ist über die Anschlüsse 10.2/10.3 mit einem zweipoligen dritten Spannungsnetz 11 verbunden. Zweckmäßigerweise ist der Anschluß 10.3 ein Masseanschluß. Das dritte Spannungsnetz 11 weist vorzugsweise eine niedrigere Nennspannung als das zweite Spannungsnetz 8 auf. An das dritte Spannungsnetz 11 ist ein zweiter Energiespeicher 12 angeschlossen. Als erster und/oder zweiter Energiespeicher 9 und 12 können z. B. Akku-

mulatoren und/oder SuperCaps verwendet werden. Bei einer bevorzugten Nennspannung des dritten Spannungsnetzes 11 von 14 V wird zweckmäßig eine Batterie mit Nennspannung 12 V als zweiter Energiespeicher 12 verwendet. Weitere Verbraucher, wie z. B. ein Scheibenwischermotor, Steuergeräte, Glühbirnen, können an das dritte Spannungsnetz 12 angeschlossen werden.

[0019] Bevorzugt weist das zweite Spannungsnetz 8 eine Nennspannung von 42 V auf. Unter 42 V soll die Nennspannung verstanden werden, die bei sogenannten 42 V-Bordnetzen bei Fahrzeugen üblich ist. Der Vorteil bei der Verwendung eines 42 V-Bordnetzes liegt darin, daß das 42 V-Bordnetz bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor bereits eine breite Anwendung findet. Vorteilhaft ist, daß Komponenten für 42 V-Bordnetze und für 14 V-Bordnetze eine hohe Entwicklungssicherheit bieten, im Handel verfügbar sind und daher relativ kostengünstig sind, wie etwa entsprechende Batterien und Verbraucher.

[0020] In einem weiteren Ausführungsbeispiel werden der erste und der zweite Energiespeicher 9 und 12 als sogenannter Zweispannungsenergiespeicher ausgeführt, z. B. als eine Zweispannungsbatterie mit einer Nennspannung von 36 V und mit einem zusätzlichen Spannungsabgriff, z. B. bei 12 V. Dies hat den Vorteil einer leichten, kompakten und platzsparenden Bauform.

[0021] Ein Vorteil der Erfindung ist, daß die Sicherheit von Personen und Teilen des Fahrzeugs dadurch erhöht ist, daß der erste Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 7 das erste Spannungsnetz 2 galvanisch von dem zweiten und dem dritten Spannungsnetz 8 und 11 trennt, und daß die Nennspannungen des zweiten und des dritten Spannungsnetzes 8 und 11 kleiner oder gleich der Schutzkleinspannung nach DIN VDE 0100 sind.

[0022] Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, daß das zweite Spannungsnetz 8 funktionell mit dem dritten Spannungsnetz 11 in Reihe geschaltet ist. Dadurch kann Energie aus dem zweiten Spannungsnetz 8 in das dritte Spannungsnetz 11 gespeist werden und vice versa. Bevorzugt kann der zweite Energiespeicher 12 mit Nennspannung 12 V von dem ersten Energiespeicher 9 mit Nennspannung 36 V geladen werden und umgekehrt. Das heißt, aus dem Spannungsnetz 8 kann, z. B. im Normalbetrieb des Fahrzeugs, über den zweiten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 10 der zweite Energiespeicher 12 geladen und/oder eventuell im dritten Spannungsnetz 11 angeordnete elektrische Verbraucher versorgt werden. Weiterhin kann über den zweiten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 10 elektrische Energie, z. B. zum Start des Brennstoffzellensystems, aus dem zweiten Energiespeicher 12 in das zweite Spannungsnetz 8 übertragen werden.

[0023] In einem weiteren Ausführungsbeispiel kann ein zusätzlicher, nicht näher bezeichneter dritter Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler mit galvanischer Trennung, der das erste Spannungsnetz 2 mit dem dritten Spannungsnetz 11 verbindet, vorgesehen sein. Vorteilhaft können über diesen nicht näher bezeichneten dritten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler der Energiespeicher 12 und eventuell am dritten Spannungsnetz 11 angeschlossene elektrische Verbraucher direkt versorgt werden. Vorzugsweise beim Starten und/oder beim Beschleunigen des Fahrzeugs kann elektrische Energie aus dem Energiespeicher 12 über den nicht näher bezeichneten dritten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler den Hilfs- bzw. Zusatzaggregaten 6 im Spannungsnetz 2 zur Verfügung gestellt werden.

[0024] Über den zweiten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 10 kann außerdem Energie von einem nicht näher bezeichneten, externen Energiespeicher, beispielsweise einer anderen Fahrzeugbatterie oder einem Standard-

ladegerät, in das zweite Spannungsnetz 8 gespeist werden. [0025] Durch die vorzugsweise unterschiedlichen Nennspannungen von zweitem Spannungsnetz 8 und drittem Spannungsnetz 11 kann ein weites Spektrum von möglichen elektrischen Verbrauchern an das erfindungsgemäße Energieerzeugungs- und Verteilungssystem angeschlossen werden.

[0026] Um einen schnellen Startvorgang des Brennstoffzellensystems zu gewährleisten, sind üblicherweise Leistungen von mehr als 1 kW erforderlich. Ein Vorteil des bevorzugten 42 V-Bordnetzes als zweites Spannungsnetz 8 liegt darin, daß eine hohe elektrische Leistung zur Verfügung steht, die z. B. beim Starten des Brennstoffzellensystems, beim Beschleunigen oder im Leerlauf des Fahrzeugs besonders günstig ist und über den ersten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 7 dem Antriebsmotor 5 und/oder den Hilfs- und Zusatzaggregaten 6 zur Verfügung gestellt wird. Im Normalbetrieb des Fahrzeugs wird der erste Energiespeicher 9 über den ersten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 7 aus dem ersten Spannungsnetz 2 geladen. Vorteilhaft wird dadurch die Betriebstemperatur der Brennstoffzelle schnell erreicht. So kann beim Abbremsen des Fahrzeugs der Antriebsmotor 5 generatorisch betrieben werden, dabei kann die erzeugte elektrische Energie über den ersten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 7 in den ersten Energiespeicher 9 gespeist werden. Dies führt zu einer Wirkungsgradverbesserung des Gesamtsystems, da die Bremsenergie nicht verloren geht.

[0027] In einem weiteren Ausführungsbeispiel kann ein zusätzliches nicht näher bezeichnetes viertes Spannungsnetz über einen nicht näher bezeichneten vierten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler an das erste Spannungsnetz 2 angeschlossen sein. Dieses vierte Spannungsnetz hat bevorzugt eine Nennspannung, die über der Schutzkleinspannung nach DIN VDE 0100 liegt, und enthält zumindest einen nicht näher bezeichneten elektrischen Verbraucher und/oder zumindest einen nicht näher bezeichneten dritten Energiespeicher. Vorteilhaft können durch diesen dritten Energiespeicher, der ein Hochvolt-Energiespeicher ist, höhere Leistungen, z. B. zum Starten und/oder Beschleunigen des Fahrzeugs und/oder zum Betreiben von elektrischen Verbrauchern, die eine hohe Leistung benötigen, zur Verfügung gestellt werden. Ein weiterer Vorteil ist, daß, z. B. beim Abbremsen des Fahrzeugs, mehr Energie mit Hilfe des dritten Energiespeichers gespeichert werden kann.

[0028] In Fig. 2 ist eine weitere schematische Darstellung eines bevorzugten Energieerzeugungs- und Verteilungssystems mit einem Brennstoffzellensystem 1 dargestellt. Gleiche Komponenten sind mit gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 1 versehen. Im Gegensatz zur vorherigen Fig. 1 sind der erste Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 7 und der zweite Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 10 in einem gemeinsamen Gehäuse 13 integriert. Die Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 7, 10 im Gehäuse 13 sind über die Anschlüsse 13.1/13.2 mit dem ersten Spannungsnetz 2, über die Anschlüsse 13.3/13.5 mit dem zweiten Spannungsnetz 8 und über die Anschlüsse 13.4/13.5 mit dem dritten Spannungsnetz 11 verbunden. Anschluß 13.5 ist ein Masseanschluß.

[0029] Vorteilhaft ist, daß beide Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler für das zweite und dritte Spannungsnetz 8, 11 mit einem einzigen Masseanschluß auskommen. Auch kann die Stromversorgung zum Betrieb der beiden Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler gemeinsam sein. Auch eine gemeinsame Kühlung der beiden Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler kann vorhanden sein. Ebenso können ein Datenbusanschluß, z. B. zu einem Steuergerät und/oder weiteren Komponenten, und Komponenten

zur Glättung von Strom- und/oder Spannung, zur EMV-Filterung und zur zentralen Absicherung gegen Überspannung gemeinsam genutzt werden. Unter EMV soll elektromagnetische Verträglichkeit verstanden werden. Anschlüsse und Leitungen können ebenfalls gemeinsam genutzt werden. Weiterhin hat diese Ausführungsform den Vorteil einer leichten, kompakten und platzsparenden Bauform mit einer geringeren Anzahl von Bauelementen.

[0030] In Fig. 3 ist eine bevorzugte Ausführungsform der Vorrichtung mit vorteilhaft in einem nicht dargestellten gemeinsamen Gehäuse kombinierten ersten und zweiten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 7 und 10 dargestellt. Gleiche Komponenten bzw. Baugruppen sind mit den gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 1 und Fig. 2 versehen. Das zweipolige erste Spannungsnetz 2, bei dem es sich um ein ungeerdetes Netz handelt, ist mit dem ersten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 7 verbunden. Der Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 7 ist über die Leitungen 15.1/15.2 mit dem zweiten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 10 verbunden. Die Leitung 15.2 ist mit Masse 17 verbunden.

[0031] Der zweite Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 10 ist über die Leitungen 16.1/16.3 mit dem zweiten Spannungsnetz 8 und über die Leitungen 16.2/16.3 mit dem dritten Spannungsnetz 11 verbunden. Die Leitung 16.3 ist mit Masse 17 verbunden. Im zweiten Spannungsnetz 8 ist ein erster Energiespeicher 9 angeordnet. Zweckmäßigerweise können weitere elektrische Verbraucher parallel zum ersten Energiespeicher 9 angeordnet sein. Die Leitung 16.1 ist mit dem Anschluß 9.1 des ersten Energiespeichers 9 verbunden. Der Anschluß 9.2 des ersten Energiespeichers 9 ist mit Masse 17 verbunden. Im dritten Spannungsnetz 11 ist ein zweiter Energiespeicher 12 angeordnet. Zweckmäßigerweise können weitere elektrische Verbraucher parallel zum zweiten Energiespeicher 12 angeordnet sein. Der Anschluß 12.1 des zweiten Energiespeichers 12 ist mit der Leitung 16.2 verbunden. Der Anschluß 12.2 des zweiten Energiespeichers 12 ist mit Masse 17 verbunden. Kondensatoren für die Glättung und Filterung von Spannung und/oder Strom, Entlastungsschaltungen und Dioden für die Gleichrichtung im ersten Spannungsnetz 2 werden zweckmäßig verwendet, sind jedoch aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht in Fig. 3 eingezeichnet.

[0032] Die Leitung 2.1 des ersten Spannungsnetzes 2 ist mit einem Pol eines Widerstandes R3 verbunden. Ein zweiter Pol des Widerstandes R3 ist mit einem Pol einer Induktivität L3 verbunden. Ein zweiter Pol der Induktivität L3 ist mit der Leitung 18 verbunden. Die Induktivität L3 funktioniert als Drossel und dient insbesondere der Stromglättung. Der Widerstand R3 dient insbesondere der Strommessung. Ein alternativer Stromsensor kann verwendet werden. Leitung 18 und Leitung 2.2 sind an die Brückenschaltung 14 angeschlossen. Die Brückenschaltung besteht aus vier Schaltern 55, 56, 57, 58 von denen 55 und 56 in Serie zueinander und parallel zu 57 und 58 geschaltet sind, wobei 57 und 58 zueinander in Serie geschaltet sind. Alternierendes Schließen und Öffnen der Schalter 55 und 58 mit gleichzeitigem Öffnen und Schließen der Schalter 56 und 57 dient der Wechselrichtung der Spannung am ersten Spannungsnetz 2, wenn die Betriebsart derart ist, daß Energie aus dem ersten Spannungsnetz 2 in das zweite Spannungsnetz 8 gespeist werden soll. Das heißt, die Brückenschaltung dient der Einstellung der Energieflußrichtung vom ersten Spannungsnetz 2 zum zweiten Spannungsnetz 8. Die Gleichrichtung von Spannung, die aus dem zweiten Spannungsnetz 8 über den ersten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 7 in das erste Spannungsnetz 2 gespeist wird, übernehmen nicht näher bezeichnete Dioden, die in üblicher Weise antiparallel

zu den Schaltern 55, 56, 57 und 58 geschaltet sind. Unter antiparallel versteht man, daß die Stromdurchflußrichtung der Dioden entgegengesetzt der bevorzugten Stromdurchflußrichtung der Schalter ist. Diese Dioden sind nicht in Fig. 2 eingezeichnet, um die Figur einfach und überschaubar zu halten.

[0033] Die Leitungen 14.1 und 14.2 verbinden die Brückenschaltung mit der einen Seite des Transformators Tr1 des Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandlers 7, wobei die Leitung 14.2 zwischen den Schalter 55 und 56 und die Leitung 14.1 zwischen den Schalter 57 und 58 an die Brückenschaltung 14 angeschlossen ist. Die andere Seite des Transformators Tr1 weist eine Mittelanzapfung Tr1.2 auf, die an einen Pol einer Induktivität L2 angeschlossen ist. Der Pol Tr1.1 dieser Seite des Transformators Tr1.1 ist mit der Kathode der Diode D3 verbunden. Der Pol Tr1.3 dieser Seite des Transformators ist mit der Kathode der Diode D4 verbunden. Die Anoden der Dioden D3 und D4 liegen auf Masse 17. Die Dioden D3 und D4 dienen der Gleichrichtung des auf dieser Seite des Transformators Tr1 fließenden Stromes, wenn die Betriebsart derart ist, daß Energie aus dem ersten Spannungsnetz 2 in das zweite Spannungsnetz 8 gespeist wird. Die Dioden D3 und D4 sind antiparallel zu einem Schalter S3 und zu einem Schalter S4 angeordnet. Die Schalter S3 und S4 können der Synchrongleichrichtung dienen, wenn Energie aus dem ersten Spannungsnetz 2 in das zweite Spannungsnetz 8 gespeist wird. Dies führt bei der oben genannten Betriebsart zu einem erhöhten Wirkungsgrad. Ist die Betriebsart derart, daß Energie aus dem zweiten Spannungsnetz 8 in das erste Spannungsnetz 2 gespeist wird, so dient die abwechselnde Betätigung der Schalter S3 und S4 der Wechselrichtung der Spannung am zweiten Spannungsnetz 8. Die Induktivität L2 dient insbesondere der Stromglättung.

[0034] An den anderen Pol der Induktivität L2 ist die Kathode der Diode D1 angeschlossen. Mit der Anode der Diode D1 ist die Kathode der Diode D2 verbunden. Die Anode der Diode D2 liegt auf Masse 17. Die Diode D1 ist antiparallel zu einem Schalter S1 geschaltet. Die Diode D2 ist antiparallel zu einem Schalter S2 geschaltet. Die Kathode der Diode D1 ist weiterhin mit einem Pol eines Widerstandes R1 verbunden, dessen zweiter Pol an die Leitung 16.1 angeschlossen ist. Der Widerstand R1 dient insbesondere der Strommessung. Anstelle des Widerstandes R1 kann ein anderer Stromsensor verwendet werden. Der Anschluß 9.2 des ersten Energiespeichers 9 liegt auf Masse 17.

[0035] Zwischen der Anode der Diode D1 und der Kathode der Diode D2 ist ein Pol einer Induktivität L1 angeschlossen. An den anderen Pol der Induktivität L1 ist ein Pol eines Widerstandes R2 angeschlossen. Der andere Pol des Widerstandes R2 ist mit der Leitung 16.2 verbunden. Der Widerstand R2 dient insbesondere der Strommessung. Anstelle des Widerstandes R2 kann ein anderer Stromsensor verwendet werden. Der Anschluß 12.2 des zweiten Energiespeichers 12 liegt auf Masse 17.

[0036] Bei getaktetem Schalter S1 und geöffnetem Schalter S2 wird der zweite Energiespeicher 12 mit Energie aus dem ersten Spannungsnetz 2 und/oder aus dem zweiten Spannungsnetz 8 aufgeladen. Zum Nachladen des ersten Energiespeichers 9 aus dem dritten Spannungsnetz 11 bleibt bei geöffnetem Schalter S1 der Schalter S2 solange geschlossen, bis die Induktivität L1 aufmagnetisiert ist. Danach wird der Schalter S2 geöffnet. Über die Schaltfrequenz bzw. über das Tastverhältnis der Schalter S1 und S2 kann die Ladung des ersten und des zweiten Energiespeichers 9 und 12 eingestellt werden. Die Induktivitäten L1 und L2 funktionieren insbesondere als Speicherdrosseln. Weiterhin dienen sie der Stromglättung. Die beiden Gleichspannungs-Gleich-

spannungs-Wandler 7 und 10 können unabhängig voneinander betrieben werden.

[0037] Die Schalter S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 und S8 werden bevorzugt als MOSFETs und/oder IGBTs ausgeführt. Vorzugsweise sind die Nennspannungen im zweiten und dritten Spannungsnetz 8 und 11 bei 42 V bzw. 14 V und die Nennspannungen des ersten und zweiten Energiespeichers 9, 12 bei 36 V bzw. 12 V. Der erste und der zweite Energiespeicher 9 und 12 sind bevorzugt Batterien und/oder SuperCaps. Der erste Energiespeicher 9 weist bevorzugt eine Leistungsfähigkeit von etwa 1 kW und mehr auf. Um Kosten zu minimieren, kann der erste Energiespeicher 9 durch drei in Serie geschaltete Batterien, die je eine Nennspannung von 12 V aufweisen, realisiert werden.

[0038] In einer weiteren günstigen Ausgestaltung ist ein nicht näher bezeichneter Kondensator, insbesondere ein Elektrolytkondensator, parallel zum ersten Energiespeicher 9 geschaltet. Vorteilhaft dient dieser Kondensator zusammen mit der Induktivität L2 der Stromglättung.

[0039] In einer weiteren günstigen Ausgestaltung der Erfindung ist ein nicht näher bezeichneter SuperCap parallel zum ersten Energiespeicher 9 geschaltet. Der Vorteil ist, daß, z. B. zum Beschleunigen des Fahrzeugs, eine höhere Leistung in das erste Spannungsnetz 2 gespeist werden kann und somit höhere Leistungen zur Verfügung stehen. Ein weiterer Vorteil ist, daß, z. B. beim Abbremsen des Fahrzeugs, mehr Energie gespeichert werden kann. Bei gleicher Leistungsanforderung kann die Anforderung an die Leistungsfähigkeit des ersten Energiespeichers 9 durch die Parallelschaltung des nicht näher bezeichneten SuperCaps reduziert werden. Durch die Parallelschaltung des SuperCaps kann vorteilhaft die Lebensdauer des ersten Energiespeichers 9 erhöht werden, da sich die Lade-/Entladeströme auf den SuperCap und auf den ersten Energiespeicher 9 aufteilen und somit der erste Energiespeicher 9 weniger Energie umzusetzen hat, als dies bei einer Ausgestaltung ohne parallelgeschaltetem SuperCap der Fall wäre.

[0040] In weiterer günstiger Ausgestaltung der Erfindung werden die Strom- und/oder Spannungsmeßwerte aus dem ersten, zweiten und dritten Spannungsnetz 2, 8 und 11 digitalisiert unmittelbar oder mittelbar über den ersten und/oder zweiten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 7, 10 einem nicht dargestellten Steuergerät zugeführt. Die Strommessung ist in Fig. 3 beispielhaft durch die Widerstände R1, R2 und R3 realisiert. Es können auch andere Stromsensoren verwendet werden. Das Steuergerät verarbeitet die Meßwerte und/oder stellt sie über einen fahrzeuginternen Datenbus, z. B. einen CAN-Bus, auch etwaigen anderen an den Datenbus angeschlossenen Komponenten zur Verfügung. So kann ein an den Datenbus angeschlossenes Energiespeichermanagementsystem, z. B. ein Batteriemanagementsystem, die Meßwerte einlesen und eine Abschätzung des Ladezustands der Energiespeicher 9, 12 vorzugsweise durch Integration der Strommeßwerte durchführen. Das Energiemanagement kann auch direkt von den Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandlern 7, 10 übernommen werden, da die wichtigsten Kenngrößen wie Strom und Spannung bereits in den Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandlern erfaßt werden und somit dort verfügbar sind.

[0041] In weiterer günstiger Ausgestaltung der Erfindung sind nicht dargestellte Sensoren zur Messung der Temperatur des ersten und zweiten Energiespeichers 9, 12 vorhanden und mit dem ersten und zweiten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 7, 10 verbunden. Ein Energiespeichermanagementsystem kann die Temperaturwerte direkt von dem ersten und zweiten Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler 7, 10 erhalten und auswerten. Die Temperaturmeßwerte können einem an einen Datenbus angeschlos-

senen, nicht dargestellten Steuergerät und anderen an den Datenbus angeschlossenen Verbrauchern zur Verfügung gestellt werden.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung und Verteilung von elektrischer Energie in einem Fahrzeug, das wenigstens einen elektrischen Antriebsmotor (5) aufweist, der über einen Umrichter (4) mit einer Brennstoffzelleinheit (1) verbunden ist, wobei die Brennstoffzelleinheit (1) mit zumindest einem ersten (2), einem zweiten (8) und einem dritten (11) Spannungsnetz verbunden ist, und wobei jedem Spannungsnetz zumindest ein elektrischer Verbraucher und/oder zumindest ein Energiespeicher (9, 12) zugeordnet ist, wobei das erste Spannungsnetz (2) durch das Brennstoffzellenspannungsnetz gebildet ist und über einen ersten bidirektionalen Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler (7) mit dem zweiten Spannungsnetz (8) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der erste bidirektionale Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler (7) das erste Spannungsnetz (2) von dem zweiten Spannungsnetz (8) galvanisch trennt, und daß das zweite Spannungsnetz (8) über einen zweiten bidirektionalen Wandler (10) mit dem dritten Spannungsnetz (11) verbunden ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite (8) und das dritte (11) Spannungsnetz Niedervolt-Netze sind mit Nennspannungen, die kleiner oder gleich der Schutzkleinspannung nach DIN VDE 0100 sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Nennspannung des zweiten Spannungsnetzes (8) höher ist als die Nennspannung des dritten Spannungsnetzes (11).

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das dritte Spannungsnetz (11) zusätzlich mit dem ersten Spannungsnetz (2) über einen dritten bidirektionalen Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler verbunden ist, der das erste Spannungsnetz (2) von dem dritten Spannungsnetz (11) galvanisch trennt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Energiespeicher (9) im zweiten Spannungsnetz (8) und ein zweiter Energiespeicher (12) im dritten Spannungsnetz (11) als Zweispannungsbatterie zusammengefaßt sind, deren Nennspannung der Nennspannung des ersten Energiespeichers (9) entspricht und die einen Abgriff für eine Spannung in Höhe der Nennspannung des zweiten Energiespeichers (12) aufweist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein viertes Spannungsnetz vorgesehen ist dem zumindest ein elektrischer Verbraucher und/oder zumindest ein Energiespeicher zugeordnet ist und das über einen vierten bidirektionalen Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler an das erste Spannungsnetz (2) angeschlossen ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das vierte Spannungsnetz ein Hochvolt-Netz ist, mit einer Nennspannung, die oberhalb der Schutzkleinspannung nach DIN VDE 0100 liegt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste (7) und der zweite Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler (10) in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleichspannungs-Gleichspannungs-

Wandler (7, 10) eine gemeinsame Stromversorgung aufweisen und/oder einen gemeinsamen Masseanschluß (13.5) nutzen und/oder eine gemeinsame Kühlung aufweisen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler (7, 10) Komponenten zur Strom- und/oder Spannungsglättung und/oder Komponenten zur EMV-Filterung und/oder Komponenten zur zentralen Absicherung gegen Überspannung gemeinsam nutzen. 5 10

11. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler (7, 10) als Teilnehmer an einem Datenbus mit einem Steuergerät verbunden sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandler (7, 10) Sensoren zur Messung von Strom und/oder Spannung aufweisen. 15

13. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Sensoren zur Messung der Temperatur der Energiespeicher (9, 12) vorhanden und mit den Gleichspannungs-Gleichspannungs-Wandlern (7, 10) verbunden sind. 20

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

45

50

55

60

65

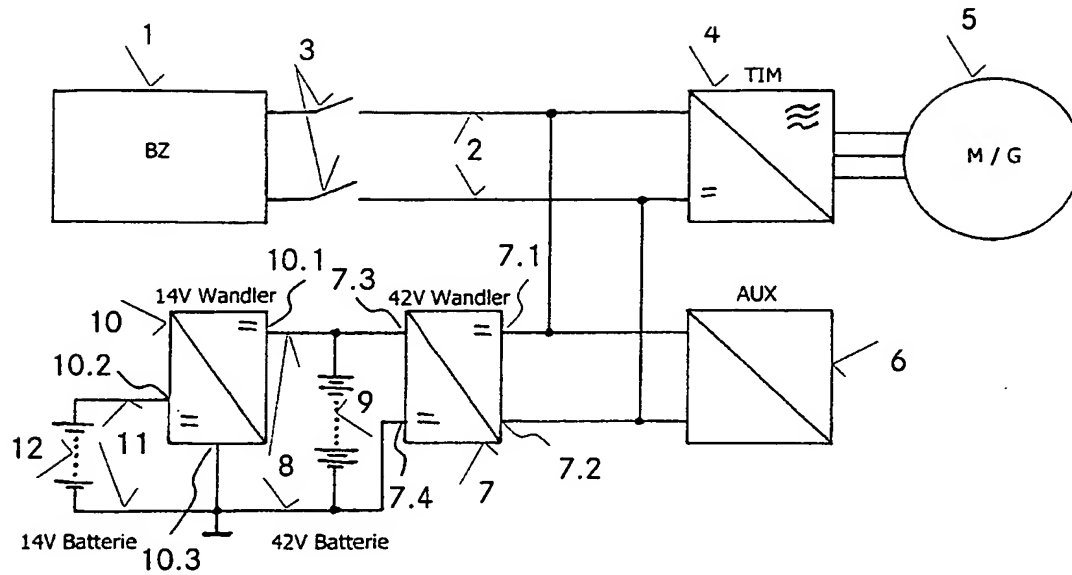


Fig. 1

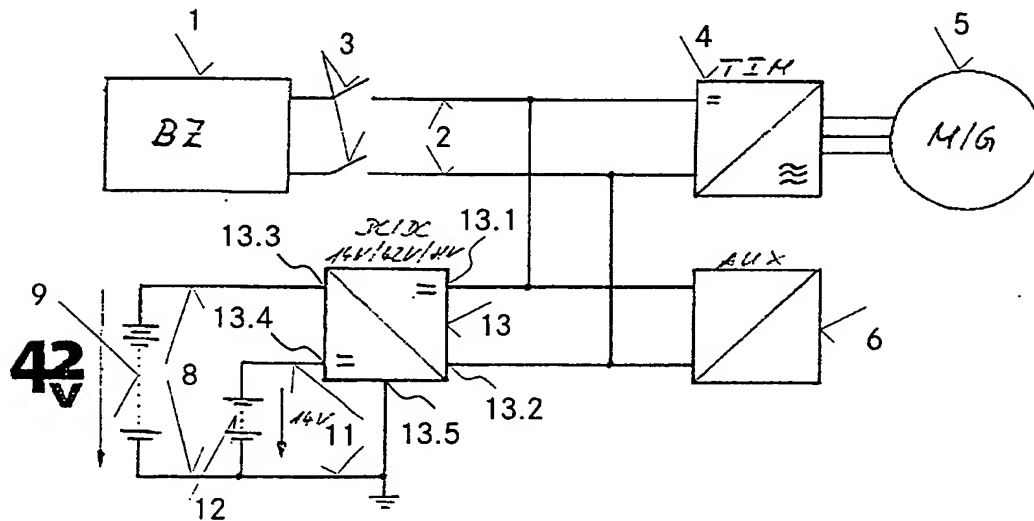


Fig. 2

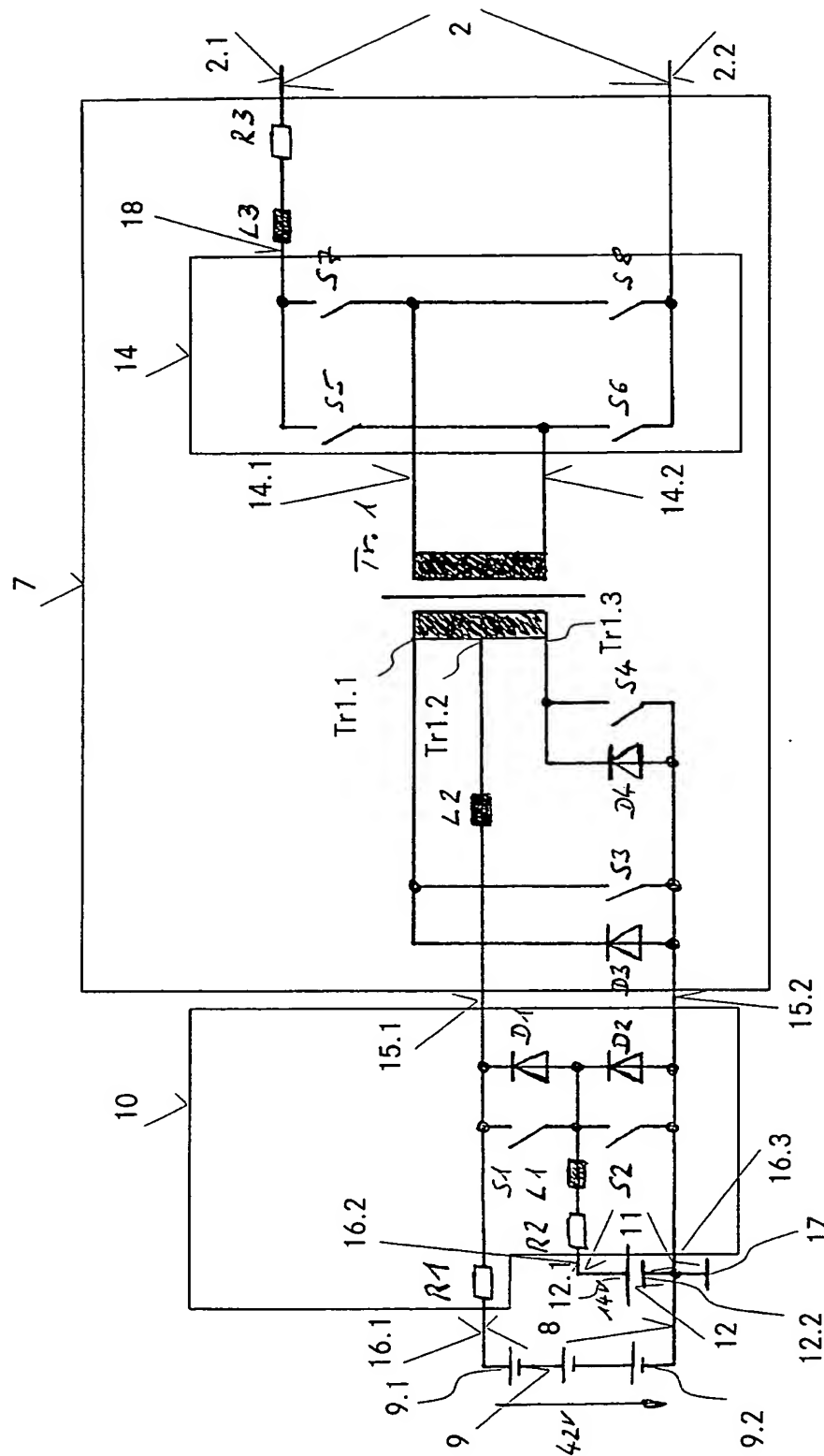


Fig. 3